

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORLED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**Patent Number :**

EP0735445 A2 19961002 [EP-735445]

**Patent Number 2 :**

EP0735445 A3 19970226 [EP-735445]

**Patent Number 3 :**

EP0735445 B1 20010530 [EP-735445]

**Title :**

(A2) Method for the operation of a machine-tool or a robot

**Title of the Invention 2 :**

(A3) Method for the operation of a machine-tool or a robot

**Title of the Invention 3 :**

(B1) Method for the operation of a machine-tool or a robot

**Other Title :**

(A2) Verfahren zum Betrieb einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters

(A2) Procédé de mise en oeuvre d'une machine-outil ou d'un robot

**Other Title 2 :**

(A3) Verfahren zum Betrieb einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters

(A3) Procédé de mise en oeuvre d'une machine-outil ou d'un robot

**Other Title 3 :**

(B1) Verfahren zum Betrieb einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters

(B1) Procédé de mise en oeuvre d'une machine-outil ou d'un robot

**Language :**

GERMAN (GER)

**Patent Assignee :**

(A2) SIEMENS AG (DE)

**Patent Assignee 2 :**

(A3) SIEMENS AG (DE)

**Patent Assignee 3 :**

(B1) SIEMENS AG (DE)

**Inventor(s) :**

(A2) SCHMIDT WOLFGANG DR (DE); ROSSI GERNOT (DE)

**Inventor 2 :**

(A3) SCHMIDT WOLFGANG DR (DE); ROSSI GERNOT (DE)

**Inventor 3 :**

(B1) SCHMIDT WOLFGANG DR (DE); ROSSI GERNOT (DE)

**Application Details :**

EP96104810 19960326 [1996EP-0104810]

**Priority Details :**

DE19512174 19950331 [1995DE-1012174]

**IPC (issuing Office) :**

(A2) G05B-019/414

**IPC 2 (Issuing Office) :**

(A3) G05B-019/414

**IPC 3 (Issuing Office) :**

(B1) G05B-019/408 G05B-019/414

**EPO Classification(ECLA) :**

G05B-019/4061

G05B-019/408

**Designated States :**

AT CH DE ES FR GB IT LI SE

**Document Type :**

Basic

**Citations :**

Cited in the search report

EP250597(A) (Cat. Y); US4590572(A) (Cat. Y); EP371143(A) (Cat.

A); EP269738(A) (Cat. A); DE4333201(A) (Cat. A,D)

**Publication Stage :**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(A2) Pub. Of applic. Without search report

**Publication Stage 2 :**

(A3) Publi. Of search report

**Publication Stage 3 :**

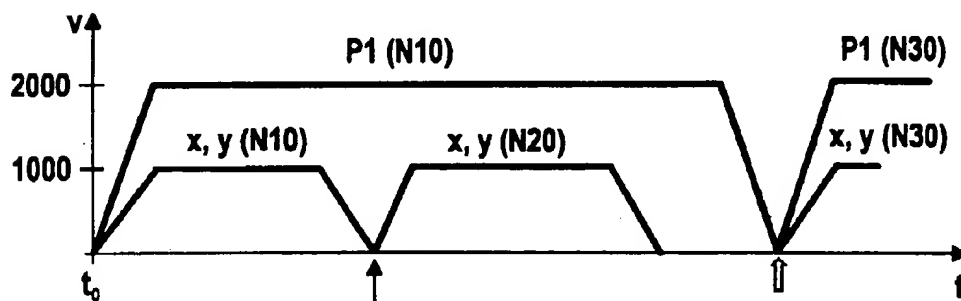
(B1) Patent

**Abstract :**

The operating system uses a numerical control for each main axis (x,y) and each positioning axis (P1) of the machine tool or robot, with the required movements effected via partial programmes divided into sets.

Given start parameters are provided for each of the axes in an initial partial programme set (N10), the following partial programme set (N20) initiated when the initial partial programme set is performed for the main axes, with a waiting command blocking the processing of the next set until the first set is also executed for the positioning axes.

```
N10 G01 X100 Y100 F1000  POS A [P1] = 50  F [P1] = 2000
N20 G01 X200 Y200
N25 WAIT P1
N30 G01 X300 Y300          POS A [P1] = 100
```



**FIG 3**

IMG -

1 / 3 LGST - ©LEGSTAT

**Patent Number :**

DE 59606977 [DE59606977]

**Document Type :**

DE-P

**Action Taken :**

20010705 DE/REF-P

CORRESPONDS TO

ENTSPRICHT

(EP 735445 20010705 [EP-735445])

**Update Code :**

2001-27

2 / 3 LGST - ©LEGSTAT

**Patent Number :**

AT 201777 [ATE201777]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**Document Type :**

AT-R

**Action Taken :**

20010615 AT/REF-P  
CORRESPONDS TO EP-PATENT  
ENTSPRICHT EP-PATENT  
(EP 735445 20010530 [EP-735445])

**Update Code :**

2001-27

3 / 3 LGST - ©LEGSTAT

**Patent Number :**

EP 735445 [EP-735445]

**Application Details :**

EP 96104810/96 19960326 [1996EP-0104810]

**Document Type :**

EP-P

**Action Taken :**

19960326 EP/AE-A  
EP-APPLICATION  
EUROPAEISCHE ANMELDUNG  
EP 96104810/96 19960326 [1996EP-0104810]

19961002 EP/AK-A2 [+]

DESIGNATED CONTRACTING STATES IN AN APPLICATION WITHOUT SEARCH REPORT:  
IN EINER ANMELDUNG OHNE RECHERCHENBERICHT BENANNTE VERTRAGSSTAATEN  
AT CH DE ES FR GB IT LI SE

19961002 EP/A2 [+]

PUBLICATION OF APPLICATION WITHOUT SEARCH REPORT  
VEROEFFENTLICHUNG DER ANMELDUNG OHNE RECHERCHENBERICHT

19970226 EP/AK-A3 [+]

DESIGNATED CONTRACTING STATES IN A SEARCH REPORT:  
IN EINEM RECHERCHENBERICHT BENANNTE VERTRAGSSTAATEN  
AT CH DE ES FR GB IT LI SE

19970226 EP/A3 [+]

SEPARATE PUBLICATION OF THE SEARCH REPORT (ART. 93)  
GESONDERTE VEROEFFENTLICHUNG DES RECHERCHENBERICHTS (ART. 93)

19971008 EP/17P [+]

REQUEST FOR EXAMINATION FILED  
PRUEFUNGSANTRAG GESTELLT  
970806

19971112 EP/17Q [+]

FIRST EXAMINATION REPORT  
ERSTER PRUEFUNGSBESCHEID  
970924

20010530 EP/AK-B1 [+]

DESIGNATED CONTRACTING STATES MENTIONED IN A PATENT SPECIFICATION:  
IN EINER PATENTSCHRIFT ANGEFUEHRTE BENANNTE VERTRAGSSTAATEN  
AT CH DE ES FR GB IT LI SE

20010530 EP/B1 [+]

PATENT SPECIFICATION  
PATENTSCHRIFT

**THIS PAGE BLANK (USPTO**



20010530 EP/REF-R [+]  
IN AUSTRIA REGISTERED AS:  
IN AT EINGETRAGEN ALS:  
(AT 201777 20010615 [ATE201777])

20010531 EP/REG; CH/EP [+]  
CH: ENTRY IN THE NATIONAL PHASE  
CH: EINTRITT IN DIE NATIONALE PHASE  
<CH>

20010705 EP/REF-P  
CORRESPONDS TO:  
ENTSPRICHT  
(DE 59606977 20010705 [DE59606977])

20011128 EP/GBV [-]  
GB: EP PATENT (UK) TREATED AS ALWAYS HAVING BEEN VOID IN ACCORDANCE WITH  
GB SECTION 77(7)/1977  
GB: EP PATENT (UK) TREATED AS ALWAYS HAVING BEEN VOID IN ACCORDANCE WITH  
GB SECT. 77(7)/1977  
20010530

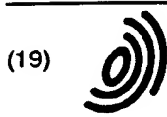
20011221 EP/EN [-]  
FR: TRANSLATION NOT FILED  
FR: TRADUCTION N'A PAS ETE REMISE

20020130 EP/25 [-]  
LAPSED AS TO RULE 92 1 P  
ERLOSCHEN GEM. REGEL 92 1 P  
<SE 01.08.30>

**Update Code :**

2002-06

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 735 445 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

02.10.1996 Patentblatt 1996/40

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G05B 19/414

(21) Anmeldenummer: 96104810.5

(22) Anmeldetag: 26.03.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT CH DE ES FR GB IT LI SE

(30) Priorität: 31.03.1995 DE 19512174

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

(72) Erfinder:

- Rossl, Gernot  
91245 Simmelsdorf (DE)
- Schmidt, Wolfgang, Dr.  
91315 Höchstadt (DE)

(54) Verfahren zum Betrieb einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters

(57) Um das Zusammenwirken von Haupt- und Positionierachsen (x,y,S1 und P1) transparent für den Anwender zu gestalten, können jeweils in einem Satz (N10) eines Teileprogramms, das dann auch in einem Kanal von mehrkanaligen Steuerungen ablaufen kann, sowohl die Hauptachsen (x,y,S1) als auch die Positionierachsen (P1) gestartet werden. Dabei dürfen die folgenden Sätze (N20) des Teileprogramms auch dann

ablaufen, wenn der startende Satz (N10) nur für die Hauptachsen (x,y) abgearbeitet ist, sofern nicht ein gesonderter Wartebefehl (WAIT) im laufenden Teileprogramm die weitere Satzarbeitung sperrt, bis der startende Satz (N10) auch bezüglich der Positionierachsen (P1) abgearbeitet ist.

N10 G01 X100 Y100 F1000  
N20 G01 X200 Y200  
N25 WAIT P1  
N30 G01 X300 Y300

POS A [P1] = 50 F [P1] = 2000

POS A [P1] = 100

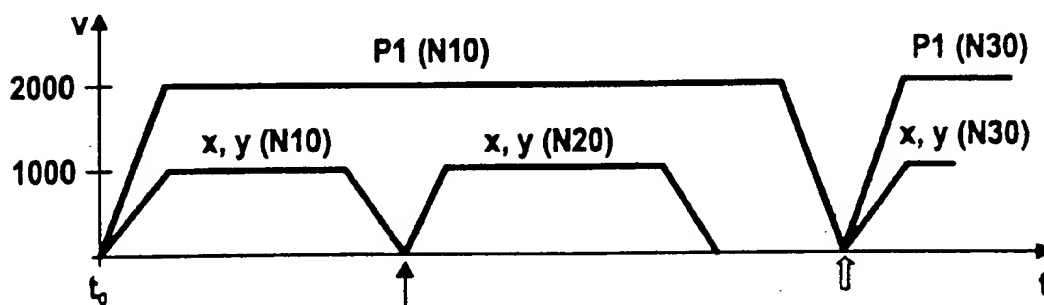


FIG 3

EP 0 735 445 A2

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters mit unmittelbar zusammenwirkenden Hauptachsen sowie zusätzlichen Positionierachsen, wobei alle Achsen von einer numerischen Steuerung entsprechend einem satzweise gegliederten Teileprogramm mit Sollwerten für die auszuführenden Bewegungen versorgt werden.

Bei modernen Werkzeugmaschinen ist es nicht nur erforderlich, die Hauptachsen zu steuern, sondern es sind auch weitere Achsen, sogenannte Positionierachsen, zu berücksichtigen. Positionierachsen stellen eine Möglichkeit zur Programmierung paralleler Bewegungsvorgänge dar. Damit ist es also möglich, mindestens eine zweite Bewegung zur Werkzeug- und Werkstückhandhabung während der Hauptzeit auszuführen. Beispielhafte Anwendungsgebiete hierzu sind:

- Starten des Bewegungsvorganges eines Laders zur Werkstückentnahme bevor die Rückzugsbewegung des Werkzeugs auf eine sichere Position zum Stillstand gebracht würde,
- Steuerung einer Pinole,
- Positionierung eines neu einzuwechselnden Werkzeugs auf eine Werkzeugwechselposition parallel zum Bearbeitungsvorgang.

Bei mehrkanaligen Werkzeugmaschinensteuerungen war die Berücksichtigung von Positionierachsen bis dato nur möglich, wenn Haupt- und Positionierachsen in unterschiedlichen Kanälen gesteuert wurden (DE-OS 43 33 201). Dabei wurde der zeitliche Ablauf vom Positionier- und Hauptachsen durch eine Anpaßsteuerung, eine sogenannte PLC, gesteuert bzw. synchronisiert. Eine Synchronisierung von Positionier- und Hauptachsen im selben Interpolationstakt war dabei nicht möglich.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszubilden, daß sowohl Hauptachsen, als auch Positionierachsen gemeinsam programmiert werden können und nicht in mehreren Kanälen entkoppelt voneinander zu behandeln sind.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß jeweils in einem Satz des Teileprogramms sowohl die Hauptachsen als auch die Positionierachsen entsprechend vorgegebener Parameter gestartet werden, daß dabei jedoch die folgenden Sätze des Teileprogramms auch dann ablaufen dürfen, wenn der startende Satz nur für die Hauptachsen abgearbeitet ist, sofern nicht ein gesonderter Wartebefehl im laufenden Teileprogramm die weitere Satzabarbeitung sperrt, bis der startende Satz auch bezüglich der Positionierachsen abgearbeitet ist.

Es werden also Positionierachsen gemeinsam mit Hauptachsen im gleichen NC-Satz programmiert. Weil kein Zusammenhang zwischen NC-Satzende und Ende der Positionierbewegung gegeben ist, wird durch einen

gesonderten Wartebefehl ein Synchronisationsmechanismus zwischen Haupt- und Positionierachsen realisiert. Beim Stand der Technik konnte n zwar Haupt- und Positionierachsen (Simulationsachsen) programmiert werden, jedoch über Satzgrenzen konnten diese Positionierachsen nicht verfahren werden. Der NC-Satz galt dann als beendet, wenn alle Bahn- und Positionierachsen ihren Zielpunkt erreicht hatten.

Dadurch, daß ein gemeinsamer Interpolationstakt (IPO-Takt) zum Generieren der Sollwerte für die Hauptachsen und die Positionierachsen verwendet wird, ist eine Synchronisierung von Positionier- und Hauptachsen im selben IPO-Takt möglich. Bedarfsweise können jedoch auch verschiedene Interpolationstakte zum Generieren der Sollwerte für die Hauptachsen und die Positionierachsen verwendet werden.

Ein äußerst sicherer Betrieb einer numerischen Steuerung wird dadurch gewährleistet, daß dann, wenn eine in Bewegung befindliche Positionierachse vom Teileprogramm mit neuen Parametern angesprochen wird, eine Fehlermeldung ausgelöst wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher erläutert. Dabei zeigen:

- FIG 1 die Struktur des Zusammenspiels einer numerischen Steuerung mit einer Werkzeugmaschine,
- FIG 2 ein erstes Teileprogramm mit resultierendem Zeit-Geschwindigkeitsverlauf und
- FIG 3 ein zweites Teileprogramm mit resultierendem Zeit- Geschwindigkeitsverlauf.

In der Darstellung gemäß FIG 1 ist in Form eines Blockschaltbildes angedeutet, wie aus einem Teileprogrammspeicher TPS einer der Übersichtlichkeit halber nicht weiter dargestellten numerischen Steuerung über einen Kanal K<sub>i</sub> der Steuerung Sollwerte für die auszuführenden Bewegungen der Aggregate einer Werkzeugmaschine WM ausgegeben werden. Bei der Werkzeugmaschine WM mag es sich dabei um eine Drehmaschine handeln, bei der ein Werkstück WS um eine Achse S1 gedreht wird und wobei ein Werkzeug WZ, in diesem Fall ein Drehmeißel, in zwei Achsen x und y positioniert wird. Die Sollwerte für die Bewegungen der Achsen S1, x und y werden über die numerische Steuerung als Werte x<sub>s</sub>, y<sub>s</sub> und S1<sub>s</sub> aus demselben Kanal K<sub>i</sub> geliefert, der dann auch Sollwerte P1<sub>s</sub> für die Position P1 eines Laders L, bei dem es sich um einen Werkzeuglader handeln möge, liefert. Selbstverständlich können noch weitere Achsinformationen von der numerischen Steuerung an die Werkzeugmaschine WM gegeben werden, wie dies durch offene Ausgänge am Kanal K<sub>i</sub> angedeutet ist. Ebenso soll das offene Netzwerk hinter dem Teileprogrammspeicher TPS und dem Kanal K<sub>i</sub> und darauf hindeuten, daß auch weitere Kanäle der numerischen Steuerung für andere Steuerungszwecke zur Verfügung stehen. Zunächst sei angenommen, daß der Wunsch bestehen möge, daß

zwar die Hauptachsen x und y wie auch die Positionierachse P1 gemeinsam gestartet werden, daß jedoch dann unverzüglich nach Beendigung der ausgelösten Bewegungen für die Hauptachsen der nächste Satz des Teileprogramms fortgeführt werden kann, ohne daß

zuerst die Beendigung der Bewegung der Positionierachse P1 abzuwarten wäre.

Programmetechnisch könnte das, wie im oberen Teil von FIG 2 angedeutet, so aussehen, daß in einem ersten Satz N10 zunächst mit der Kennung G01 angegeben wird, daß eine Linearbewegung der Hauptachsen erfolgen soll. Durch die Parameter X100 und Y100 wird die anzufahrende Position angegeben und mit F1000 wird die Geschwindigkeit der Bewegung definiert. In diesem Satz N10 wird jedoch nun ein Zusatzkriterium eingeführt, das im Beispiel als POS A angibt, daß die im folgenden spezifizierte Positionierachse P1 zwar mit dem Satz N10 gestartet wird, jedoch unabhängig von der weiteren Programmabfolge weiterbewegt wird, bis ein durch POS A [P1] = 50 definierter Ort "50" der Positionierachse P1 erreicht ist. Durch F [P1] = 2000 wird die Geschwindigkeit der Positionierachsbewegung definiert.

In einem nächsten Satz des Teileprogramms, d.h. im Ausführungsbeispiel einem Satz N20, kann dann angegeben sein, daß durch eine weitere Linearbewegung mit gleichbleibender Geschwindigkeit die Hauptachsen x und y auf Werte X200 und Y200 zu verfahren sind. In einem weiteren Satz des Teileprogramms, d. h. einem Satz N30, kann dann angegeben sein, daß durch eine weitere Linearbewegung mit gleichbleibender Geschwindigkeit die Hauptachsen x und y auf Werte X300 und Y300 zu verfahren sind. Ferner kann durch POS A [P1] = 100 eine neue anzufahrende Position der Positionierachse P1 vorgegeben werden. Der resultierende Zeit-Geschwindigkeitsverlauf  $v = f(t)$  ist im unteren Teil von FIG 2 dargestellt. So ist ersichtlich, daß zur Zeit  $t_0$  sowohl die Bewegungen der Hauptachsen x und y als auch der Positionierachse P1 gestartet werden.

Die gekoppelten Hauptachsen x und y werden gemäß der Information des Satzes N10 mit Geschwindigkeit "1000" so bewegt, daß die Werte X100 und Y100 erreicht werden. Bei Erreichen dieser Werte kann - aber muß nicht - eine Geschwindigkeitsabsenkung vorgenommen werden. Typisch ist jedoch, daß mit dem Erreichen der angestrebten Position der Hauptachsen des Satzes N10 unverzüglich der nächste neue Satz, in diesem Fall der Satz N20 gestartet wird. Dies ist in der Darstellung durch einen einfachen Pfeil angedeutet.

Nach Beendigung des Satzes N20 beginnt dann der Satz N30, wie dies in der Darstellung durch einen offenen Pfeil angedeutet ist. Wenn die Positionierachse P1, wie durch eine durchgezogene Linie symbolisiert, innerhalb des Satzes N20 ihre Bewegung ausgeführt hat, ist dies für den eingangs geschilderten Bewegungsablauf Problemlos. Wenn jedoch die Positionierachse, wie durch eine gestrichelte Linienführung angedeutet ist, noch in Bewegung ist, sofern der Satz N30 gestartet wird, liegt ein Kollisionsfall vor, da die

Positionierachse ihre Position noch nicht erreicht hat aber im Satz N30 bereits eine weitere Position vorgegeben wird.

Dieser Wechsel kann gemäß einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung durchaus signalisiert werden, jedoch ist es wesentlich für die Hauptidee der Erfindung, daß eine derartige Kollision gar nicht erst eintritt. Die hierzu erforderlichen Maßnahmen werden im Zusammenhang mit FIG 3 geschildert.

So ist im oberen Teil von FIG 3 die Programmabfolge der Schritte N10 und N20 unverändert angenommen, jedoch wird vor Beginn des ebenfalls unveränderten Satzes N30 ein Satz N25 eingeschaltet, der durch seine Information WAIT P1 sicherstellt, daß der folgende Satz nicht eher begonnen werden kann, als bis die Positionierachse P1 die im Satz N10 geforderte Bewegung ausgeführt hat. Dies Verhalten führt zu einem Bewegungsablauf, wie er im Zeit-Geschwindigkeitsdiagramm im unteren Teil von FIG 3 angedeutet ist. Signifikant für diesen Verlauf ist dabei eine Verlagerung des Startzeitpunktes für den Satz N30 dahingehend, daß dieser Zeitpunkt - durch einen offenen Pfeil symbolisiert - erst dann vorliegt, wenn die zuvor ausgelöste Positionierbewegung abgeschlossen werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters mit unmittelbar zusammenwirkenden Hauptachsen sowie zusätzlichen Positionierachsen, wobei alle Achsen von einer numerischen Steuerung entsprechend einem satzweise gegliederten Teileprogramm mit Sollwerten für die auszuführenden Bewegungen versorgt werden, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils in einem Satz (N10) des Teileprogramms sowohl die Hauptachsen (x,y) als auch die Positionierachsen (P1) entsprechend vorgegebener Parameter gestartet werden, daß dabei jedoch die folgenden Sätze (N20) des Teileprogramms auch dann ablaufen dürfen, wenn der startende Satz (N10) nur für die Hauptachsen (x,y) abgearbeitet ist, sofern nicht ein gesonderter Wartebefehl (WAIT) im laufenden Teileprogramm die weitere Satzabarbeitung sperrt, bis der startende Satz (N10) auch bezüglich der Positionierachsen (P1) abgearbeitet ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein gemeinsamer Interpolationstakt zum Generieren der Sollwerte für die Hauptachsen (x,y) und die Positionierachsen (P1) verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß verschiedene Interpolationstakte zum Generieren der Sollwerte für die Hauptachsen (x,y) und die Positionierachsen (P1) verwendet werden.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dann, wenn eine in Bewegung befindliche Positionierachse (P1) vom Teileprogramm mit neuen Parametern angesprochen wird, eine Fehlermeldung ausgelöst wird. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

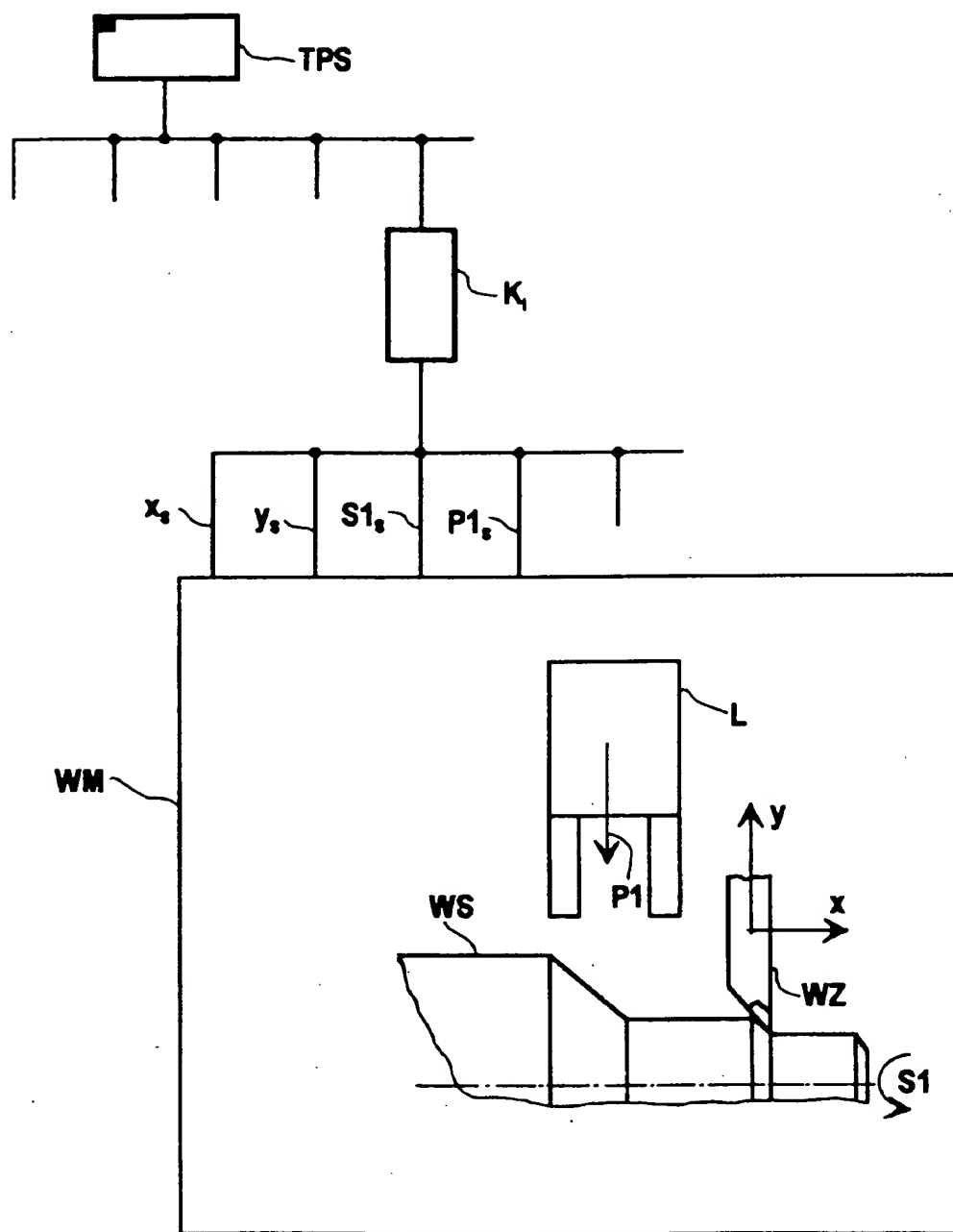


FIG 1

N10 G01 X100 Y100 F1000 POS A [P1] = 50 F [P1] = 2000  
 N20 G01 X200 Y200  
 N30 G01 X300 Y300 POS A [P1] = 100

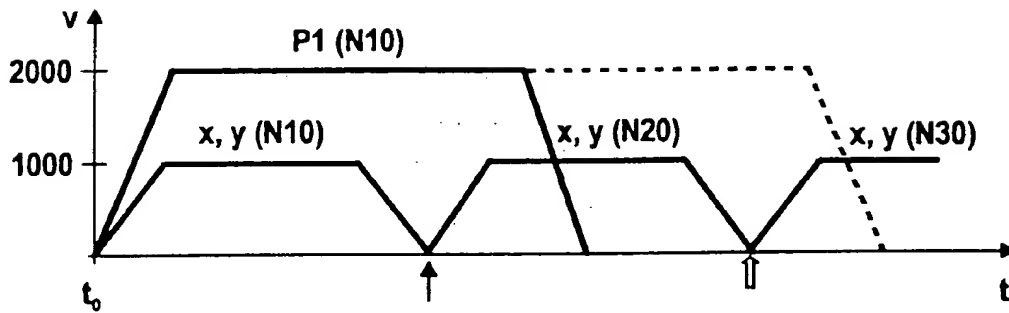


FIG 2

N10 G01 X100 Y100 F1000 POS A [P1] = 50 F [P1] = 2000  
 N20 G01 X200 Y200  
 N25 WAIT P1  
 N30 G01 X300 Y300 POS A [P1] = 100

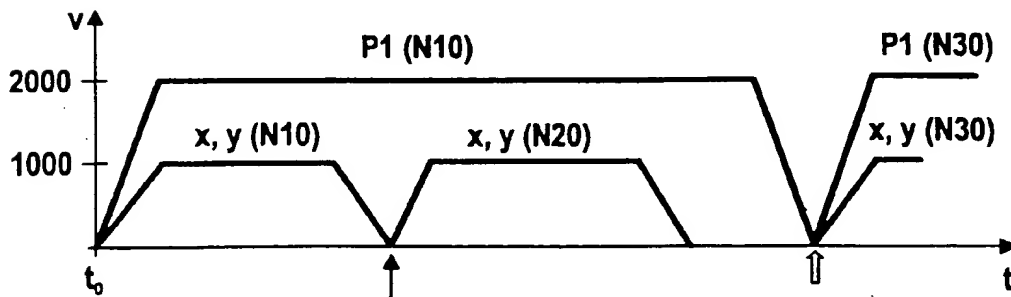


FIG 3